

Из приведенных в табл. 2 данных следует, что средняя погрешность при определении массы корпуса причалов по полученным формулам не превышает 5%, для дебаркадеров – 4%.

На основании полученных значений можно сделать вывод о том, что по полученным формулам масса железобетонного корпуса определяется с достаточной для исследовательской стадии проектирования точностью.

Выводы

1. В результате проведенного статистического анализа главных размерений и основных характеристик рейдовых причалов и дебаркадеров получены формулы для расчета измерителя массы железобетонного корпуса, который в последующем используется для определения массы корпуса.

2. Проведенный анализ точности расчета массы железобетонного корпуса с использованием полученных формул показал приемлемую для исследовательской стадии проектирования точность.

Список литературы:

- [1] Ашик В.В. Проектирование судов: учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. / В. В. Ашик. – Л.: Судостроение, 1985. – 320 с.
- [2] Синцов Г.М. Конструкция и прочность железобетонных судов / Г.М. Синцов [и др.]. – Л.: Судостроение, 1969. – 384 с.
- [3] Горохов М.С. Влияние параметров дисперсного армирования на трещиностойкость судовых конструкций из фибробетона / М.С. Горохов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2014. – № 1 (23). – С. 68–73.

И.А. Горохов

АО «Транснефть-Верхняя Волга»,

М.В. Горохова

ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА ПРИ НАЛИЧИИ ДЕФЕКТОВ МЕТАЛЛА

Проводится анализ различных подходов к определению цикличности нагружения внутренним давлением участка магистрального трубопровода с дефектами металла для определения сроков его безопасной эксплуатации. Показано, что учет неравномерности цикличности загрузки секций нефтепроводов, по сравнению с существующей методикой, позволяет устанавливать очередность в приоритетах устранения дефектов, снижает затраты на ремонт нефтепровода.

В настоящее время в связи с увеличением объема перекачки нефти по магистральным трубопроводам (МТ) все больше внимания уделяется обеспечению безаварийной и рациональной работе всей нефтеперекачивающей системы. Однако в связи со старением нефтепроводов запас прочности используемых в них труб сокращается. Любой МТ в процессе своей эксплуатации подвергается воздействию циклически изменяющихся нагрузок, работает в условиях нестабильных режимов, что приводит к постоянному накоплению повреждений и усталостному разрушению труб. Поэтому перепады давлений, наличие дефектов и повреждений, конструктивных концентраторов напряжений приводит к снижению остаточного ресурса МТ. Но именно цикличес-

ность нагружения МТ является одним из основных параметров, влияющих на предельный срок эксплуатации технологического участка МТ и сварного соединения с дефектом.

Цикличность нагружения магистральных нефтепроводов, есть изменение давления в нефтепроводе в сторону увеличения вследствие пусков магистральных и подпорных насосов. По существующей методике РД-23.040.00-КТН-265-10 «Оценка технического состояния магистральных трубопроводов на соответствие нормативно-техническим документам» за один цикл нагружения технологического участка МТ внутренним давлением принимается включение любого насосного агрегата, сопровождающееся увеличением внутреннего давления свыше 0,2 МПа. Для определения годовой цикличности нагружения технологического участка МТ подсчитывается суммарное количество включений насосных агрегатов участка за полный календарный год для каждого значения ΔP .

Для того, чтобы учесть влияющие величины каждого цикла на МТ за год, используется понятие приведенной годовой цикличности нагружения к эквивалентному нагружению размахом 2,0 МПа. Приведенная годовая цикличность нагружения участка МТ определяется суммированием по всем величинам перепадов внутреннего давления:

$$N_{прив} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot \left(\frac{\Delta P_i}{2,0} \right)^{2,2} \quad (1)$$

То есть приведенная годовая цикличность нагружения МТ в соответствии с РД есть константа для всего МТ от головной нефтеперекачивающей станции до конечного пункта.

Однако данный подход к определению цикличности имеет следующие недостатки:

- он полностью зависит от человеческого фактора, так как подсчет ведется вручную;
- не учитываются реальные переходные процессы и эффект затухания волновых явлений;
- не учитывается скорость изменения внутреннего давления на участке МТ, т.е. время достижения максимального давления, либо 30 сек. либо 5 сек.;
- ΔP_i – это округленная величина до ближайшего значения кратного 0,2 МПа, т.е. не учитывается реальная разница давлений до и после пусков/остановок магистрального нефтепровода.

Следовательно, до настоящего времени в РД не содержится объективного подхода к подсчету циклов нагружения МТ, поэтому невозможно точно рассчитать предельный срок эксплуатации секций трубопровода с дефектами, вычислить их остаточный ресурс безаварийной работы. Но если применить дифференцированный подход к расчету цикличности участков МТ, то можно установить очередность в устранении выявленных в результате диагностики дефектов труб и сварных стыков.

Предложенный функциональный подход к определению остаточного ресурса давно эксплуатируемых участков МТ предполагает следующую последовательность действий:

1. сбор и структурирование необходимых данных для определения количества циклов нагружения на рассматриваемом участке (наиболее трудоемкий процесс);
2. схематизация процесса нагружения МТ за исследуемый период (создание таблиц и графиков);
3. получение на основании составленных схем нагружения достоверных данных об остаточном ресурсе исследуемого участка МТ;

4. представление результатов расчета в виде наглядных данных (графики и схемы).

В качестве объекта исследования были рассмотрены участки линейной части нефтепровода Горький – Ярославль от датчика давления до датчика давления. Участки объединялись в группы и подгруппы по древовидной структуре. Использовались данные о количестве циклов нагружения в период с 2009 года по 2012 год.

Обработанные данные представлялись как тренд давления во времени с указанием локальных минимумов и максимумов, с сохранением даты и времени достижения данных давлений.

В качестве примера на рис. 1 приведен тренд давления по времени при включении насосов на одном из участков МТ «Горький – Ярославль».

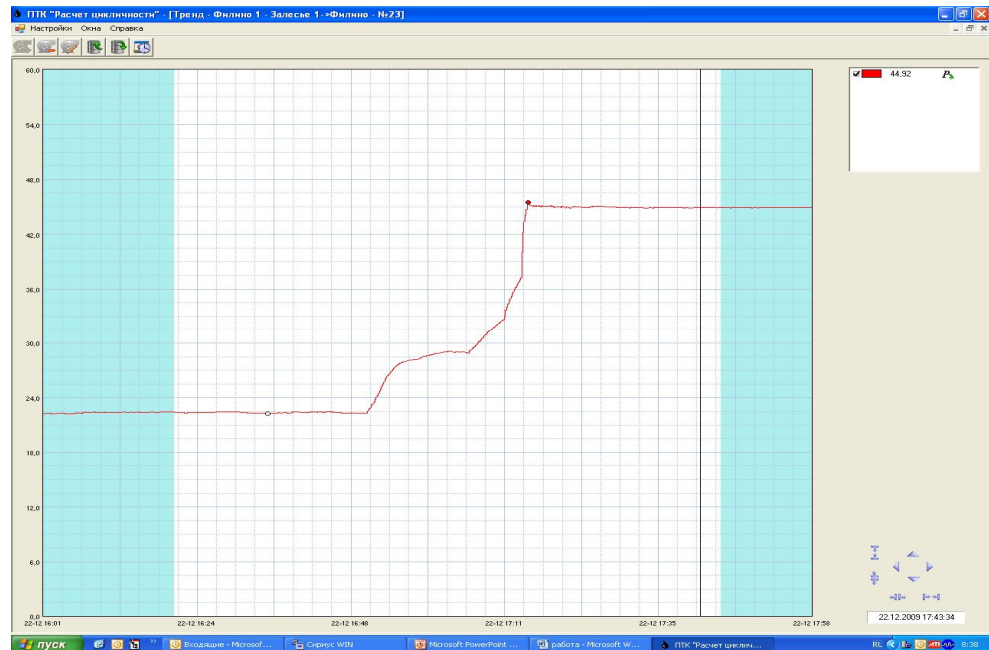


Рис. 1. Тренд давления по времени при включении насосного агрегата с указанием локальных минимумов и максимумов

Аналогичные данные были получены по всем участкам рассматриваемого МТ в период с 2009 по 2012 год. Используя систему автоматизированной обработки данных, были проведены расчеты цикличности по существующей и по предложенной методикам. Расчеты показали, что цикличность нагружения распределена неравномерно по длине МТ: снижается от нефтеперекачивающей станции (НПС), имеет минимум между НПС и повышается ближе к выходу НПС.

Для детального изучения цикличности были построено распределение циклов по участкам от НПС до НПС. В качестве аппроксимирующего полинома был принят полином четвертой степени:

$$Y = A_1 \cdot x^4 + A_2 \cdot x^3 + A_3 \cdot x^2 + A_4 \cdot x + A_5, \quad (5)$$

где Y – количество циклов нагружения $N_{\text{прив}}$ для датчика давления, установленного в районе задвижки;

x – координата датчика давления, км.

На рисунке 2 в качестве примера приведено графическое представление распределения значений цикличности НПС «Филино» – НПС «Залесье».

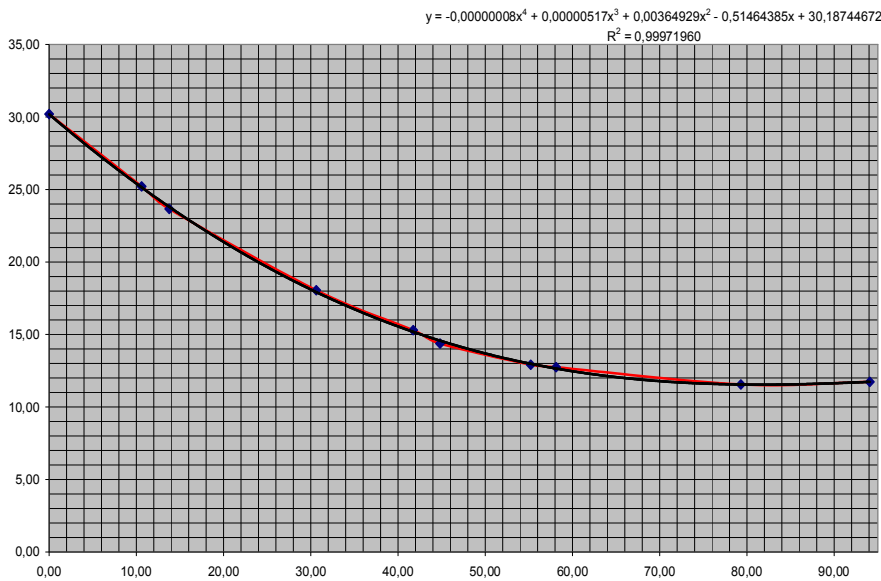


Рис. 2. Распределение значений цикличности на участке НПС «Филино» – НПС «Залесье»

Величина достоверности показывает, что выбранное уравнение распределения соответствует реальному распределению цикличности нагружения с точностью до 1%. Используя для каждого участка МТ в каждом конкретном случае полученное уравнение, можно определить приведенную цикличность нагружения для каждой *i*-ой секции трубы, приняв коэффициент запаса $k_{зап}=1,05$ и для любого сварного стыка.

Полученные значения цикличности используются для расчета остаточного ресурса конкретного дефекта трубопровода.

На рисунке 3 показано распределение предельного срока эксплуатации секций с дефектами на МН «Горький-Ярославль».

На рисунке 3 красным цветом показаны сроки эксплуатации в годах секций с дефектами. Данные сроки определены с учетом значений цикличности нагружения, полученные на основе автоматизированного подсчета. Синим цветом показаны сроки эксплуатации секций с дефектами, определенные с учетом значений цикличности нагружения, полученные на основе расчетов по действующей методике.

Предельный срок эксплуатации основного количества секций, рассчитанный с учетом значений цикличности нагружения, полученных на основе автоматизированного подсчета, варьируется по длине МТ достаточно в широком диапазоне – от 5 до 30 лет. Минимальные значения сроков эксплуатации соответствуют участкам трубопровода, имеющим максимальное значение цикличности.

В данном примере срок службы основного количества секций, рассчитанный по формуле (5) с учетом цикличности нагружения, определенной по действующей методике, не превышает 3 лет. Учет цикличности нагружения, полученной с помощью данных системы диспетчерского контроля и управления, позволяет более дифференцированно подойти к вопросу очередности устранения дефектов. Так, если рассчитывать цикличность нагружения для всего технологического участка, то лимитирующей является секция на 68 км трассы. Именно ее срок предельной эксплуатации закладывается в расчет. Тогда как, используя данные цикличности по участкам трубопровода, получаем лимитирующую секцию на выходе НПС «Филино».

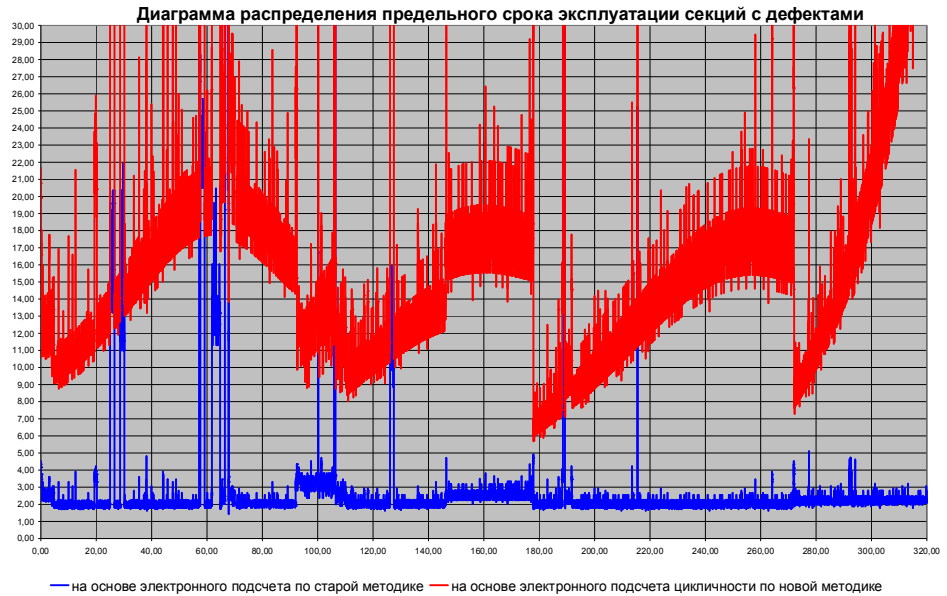


Рис. 3. Распределение предельного срока эксплуатации секций с дефектами МН «Горький – Ярославль»

Таким образом, как и расчет несущей способности МТ, так и расчет остаточного ресурса дефектов целесообразно проводить применительно к секциям МТ, которые являются элементами раскладки труб, а не для всего технологического участка, как это рекомендуется в соответствующем РД [1]. При этом необходимо учитывать результаты анализа исполнительной документации и результаты внутритрубной диагностики.

Список литературы:

- [1] РД-23.040.00-КТН-115-11. Определение прочности и долговечности труб и сварных соединений с дефектами. – М., 2011. – 134 с.
- [2] ГОСТ 25.504–82. Расчеты и испытания на прочность. Методы определения характеристик усталости. – М.: Изд-во стандартов, 1982. –80 с.
- [3] Брок Д. Основы механики разрушения / Д. Брок. – М.: Высшая школа, 1980. – 368 с.

О.К. Зяблов, Ю.А. Кочнев
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ САПР ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СУДОРЕМОНТА

Ключевые слова: судоремонт, автоматизированное проектирование технологических процессов, графическое моделирование, объекты ремонта.

Рассматриваются вопросы применения CAD/CAM/CAE систем в автоматизированном проектировании технологических процессов ремонта судов.

В судостроительном производстве давно царит жесткая конкуренция. Чтобы вы-